

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-21743

(P2001-21743A)

(43)公開日 平成13年 1 月26日 (2001. 1. 26)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 B 6/122

識別記号

F I

G 0 2 B 6/12

ターマコード\* (参考)

A 2 H 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平11-191373

(22)出願日 平成11年7月6日(1999. 7. 6)

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72)発明者 日比野 善典

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72)発明者 姫野 明

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(74)代理人 100087446

弁理士 川久保 新一

最終頁に続く

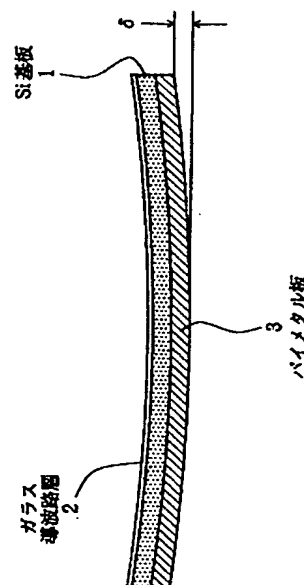
(54)【発明の名称】 温度無依存光波回路型デバイス

(57)【要約】

【課題】 温度無依存光波回路型デバイスにおけるチップ作製プロセスが簡素であり、中心波長を微妙にコントロールすることができる温度無依存光波回路型デバイスを提供することを目的とするものである。

【解決手段】 平面基板と、上記平面基板上に形成された光を伝搬するコアと、上記コアの周りに設けられ、上記コアよりも屈折率が低いクラッドとを具備し、光導波路で構成されている平面型光波回路デバイスにおいて、上記平面基板または上記クラッドに、2層の金属で構成されているバイメタル板を接着したものである。

101: 温度無依存光波回路型デバイス



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 平面基板と、上記平面基板上に形成された光を伝搬するコアと、上記コアの周りに設けられ、上記コアよりも屈折率が低いクラッドとを具備し、光導波路で構成されている平面型光波回路デバイスにおいて、上記平面基板または上記クラッドに、2層の金属で構成されているバイメタル板が接着されていることを特徴とする温度無依存光波回路型デバイス。

【請求項2】 請求項1において、上記平板基板または上記バイメタル板の形状は、四角形以外の形状であることを特徴とする温度無依存光波回路型デバイス。

【請求項3】 請求項1において、上記平板基板または上記バイメタル板の形状は、矩形における四隅のうちの少なくとも1つの隅において一部が切断され、角がなくなっている形状であることを特徴とする温度無依存光波回路型デバイス。

【請求項4】 請求項1において、上記平板基板または上記バイメタル板の形状は、その一部が細くなっている形状であることを特徴とする温度無依存光波回路型デバイス。

【請求項5】 請求項1～請求項4のいずれか1項において、上記平面基板と上記バイメタル板とを挟んで互いに固定する固定治具を有することを特徴とする温度無依存光波回路型デバイス。

【請求項6】 請求項1～請求項5のいずれか1項において、上記平面基板上に形成されている光波回路に、グレーティング回路が含まれていることを特徴とする温度無依存光波回路型デバイス。

【請求項7】 請求項1～請求項5のいずれか1項において、上記平面基板上に形成されている光波回路に、アレー導波路グレーティング回路が含まれていることを特徴とする温度無依存光波回路型デバイス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、Si基板等の平面基板上に構成されている光波回路に係り、特に、光学特性の温度無依存化に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】インターネットおよびE-mailの爆発的な普及によって、通信回線の大容量化が、米国を中心として急速に進められている。この大容量化のキー技術は、光通信技術であり、高密度波長多重(DWDM)システムと光アクセスネットワークシステムとが導入され始めている。これらの光通信システムを構築するために、平面型光波回路デバイスが適用され、この使用量が増大すると予想される。これに伴い、平面型光波回路デ

バイスには、適用範囲拡大・低コスト化が要求されている。

【0003】上記平面型光波回路デバイスは、石英系ガラス導波路で構成されるものが代表的であり、火炎堆積法と反応性エッチングとによって作製される。平面型光波回路デバイスにおいて、光の干渉を利用したデバイスが、WDM用フィルタとして有用である。すなわち、平面型光波回路デバイスにおいて、導波路長と屈折率との積である光路長を精密に制御することが可能であり、マッハツェンダー型、アレー導波路グレーティング型等のフィルタを構成することができるので、光の干渉を利用したデバイスが、WDM用フィルタとして有用である。

【0004】このようなPLC型フィルタにおいて、通常、動作波長が温度に依存するので、光回路チップの温度を制御・安定化する必要がある。この温度制御には、ヒータまたはペルチェ素子が用いられている。

【0005】室内では電源が容易に得られるので、温度制御を用いた光デバイスを室内で使用することには問題がなく、実際に、実用システムに適用されている。

【0006】しかし、近年、光デバイスの適用範囲が拡大し、室外でも使用したいという要請がある。この場合、温度制御装置を動作させることが難しいという問題がある。また、コストダウンを図るために、温度制御を必要としないデバイスも望まれている。

【0007】温度依存性を少なくし、温度制御なしで光デバイスを使用可能にするために、次の方法が試みられている。

【0008】石英系光導波路を用いた光デバイスの場合、温度依存性は、主に、導波路の屈折率が温度に依存することに起因する。この温度依存性は、プラスの温度依存性であり、つまり、温度が上昇すると、屈折率が大きくなる。この温度依存性を補償するために、負の屈折率の温度依存性を持つ高分子を用いることが試みられている。具体的には、石英ガラス導波路中に、適当な幅の溝を形成し、高分子を挿入する。これによって、石英系ガラスで構成された光デバイスにおける屈折率の温度変化を補償することが可能であり、温度無依存の光デバイスが実現されている。

【0009】なお、高分子を挿入する上記温度依存性補償については、文献Y. Inoue, et al., "A thermal silica-based waveguide grating multiplexer", Electronics Lett., 33, p. 1945-1946, (1997). に詳しく示されている。

## 【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記従来例では、高分子挿入法によって光学特性の温度依存性を補償するので、チップ作製プロセスが複雑になり、歩留まりが劣化するという問題がある。

【0011】また、温度コントロールを用いたデバイスでは、中心波長を精密にコントロールすることができるが、しかし、上記従来例では、高分子を用いているので、中心波長を微妙にコントロールすることができないという問題がある。

【0012】本発明は、温度無依存光波回路型デバイスにおけるチップ作製プロセスが簡素であり、中心波長を微妙にコントロールすることができる温度無依存光波回路型デバイスを提供することを目的とするものである。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、平面基板と、上記平面基板上に形成された光を伝搬するコアと、上記コアの周りに設けられ、上記コアよりも屈折率が低いクラッドとを具備し、光導波路で構成されている平面型光

$$\text{そり量 } \delta = (K (\Delta T / 2) L^2) / 4 t_b \dots\dots\dots (1)$$

なお、Kは、バイメタル板3のわん曲係数、 $\Delta T$ は、温度差、 $t_b$ は、バイメタル板3の厚さ、Lは、バイメタル板3の長さである。

【0017】バイメタル板3のそり量は、バイメタル板3を構成する2種類のメタル層の熱膨張係数の差に依存し、適当なメタルを選ぶことによって、わん曲係数を調整することができる。

【0018】上記実施例の基本原理は、チップ基板（Si基板1とガラス導波路層2とで構成されている基板）にバイメタル板3が接着され、このバイメタル板3のそりによって、チップ基板に応力を誘起し、この誘起された応力によって、導波路層2の屈折率、または導波路層2の長さを制御し、温度変化による屈折率変化を補償する原理である。なお、応力によって屈折率が変化する効果は、光応力効果（Photo-elastic effect）として知られている。

【0019】ここで、Braggグレーティングを用い

$$\text{歪 } \varepsilon = \Lambda' / \Lambda - 1 = (\lambda_0 + \Delta \lambda) / \lambda_0 - 1 = \Delta \lambda / \lambda_0 \dots\dots\dots (3)$$

上記必要な歪 $\varepsilon$ に対応する応力 $\sigma$ は、次の式（4）になる。

$$\text{【0023】} \sigma = E_g \varepsilon \dots\dots\dots (4)$$

ここで、 $E_g$ は、石英ガラスのヤング率である。Si基板1をそらせることによって、ガラス導波路層2に応力を与えるので、そり量 $\delta$ と応力 $\sigma$ との関係は、次の式（5）になる。

【0024】

$$\text{そり量 } \sigma \text{ に対応する力 } P_b = 4 E_b \delta w_b t_b^3 / L_3 \dots\dots\dots (6)$$

$E_b$ は、バイメタル板3のヤング率、 $w_b$ は、バイメタル板3の幅である。

【0027】そり量 $\sigma$ に対応する力 $P_b$ と、Si基板中の力 $P_s$ との間の力をつり合わせる必要があるので、バイメタル板3の幅 $w_b$ を調節する。ここで、ガラス導波路層2の厚さ（数10 $\mu\text{m}$ ）は、Si基板1の厚さ（1 $\mu\text{m}$ ）に比べて十分小さいので、ガラス導波路層2における応力を無視すると、次の式（7）、式（8）が得られ

波回路デバイスにおいて、上記平面基板または上記クラッドに、2層の金属で構成されているバイメタル板を接着したものである。

【0014】

【発明の実施の形態および実施例】（第1の実施例）図1は、本発明の第1の実施例である温度無依存光波回路型デバイス101を示す図である。

【0015】温度無依存光波回路型デバイス101は、Si基板1と、ガラス導波路層2と、Si基板1に装着されているバイメタル板3とを有する。バイメタル板3は、熱膨張係数の異なる2種類のメタル層で構成され、温度に依存して、そり量 $\delta$ が変化する。バイメタル板3のそり量 $\delta$ は、次の式（1）で与えられる。

【0016】

温度無依存光波回路型デバイス101において、温度変化による中心波長シフトをバイメタル板3で補償することを考える。このために、温度無依存光波回路型デバイス101における応力とグレーティングの中心波長シフトとの関係を明らかにし、必要とされるバイメタル板3の厚さを見積もる。

【0020】グレーティングは、導波路中に周期的に誘起される屈折率変化を生じさせる素子であり、特定の波長を反射する素子として重要である。なお、グレーティングの中心波長 $\lambda_0$ は、次の式（2）で与えられる。

$$\text{【0021】} \lambda_0 = n_e \Lambda \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 $n_e$ は、導波路の実効屈折率、 $\Lambda$ は、グレーティングのピッチである。 $\lambda_0$ を1550nmとする。応力による歪によってピッチが変化し、温度による中心波長の変化 $\Delta \lambda$ を補償するので、必要な歪 $\varepsilon$ は、次の式（3）で与えられる。

【0022】

$$\text{そり量 } \sigma = 6 \delta E_s t_s / L^2 \dots\dots\dots (5)$$

$E_s$ は、Si基板のヤング率（ $1.3 \times 10^{11} \text{Pa}$ ）、 $t_s$ は、Si基板1の厚さである。

【0025】上記そり $\sigma$ を与えるために必要なバイメタル板3の厚さ $t_b$ は、式（1）から計算できる。また、そり量 $\sigma$ に対応する力 $P_b$ は、次の式（6）で与えられる。

【0026】

$$\text{【0028】} P_b = P_s \dots\dots\dots (7)$$

$$w_b = (E_s t_s^3 / E_b t_b^3) w_s \dots\dots\dots (8)$$

ここで、 $w_b$ は、チップの幅である。

【0029】以上によって、温度依存性の補償に必要なバイメタル板3のパラメータを求めることができる。

【0030】一例として、Braggグレーティングを

用いた温度無依存光波回路型デバイス101を、温度範囲0〜60℃で使用するとする。中心波長を、1550nmとし、チップのサイズを、長さ30mm、幅4mmとする。

【0031】この場合、中心波長シフト量が0.011nm/℃であるので、 $\Delta\lambda \sim 0.66\text{nm}$ となる(温度が0℃から60℃に変化したときに、中心波長がシフトする量 $\Delta\lambda$ は、0.66nmである)。この中心波長のシフト量 $\Delta\lambda$ を応力で補償すると、必要な歪量 $\varepsilon$ は、 $0 \sim 5 \times 10^{-4}$ になる。

【0032】上記歪量 $\varepsilon$ を与えるために必要なそり量を、式(3)と式(4)とから、Si基板1の厚さに応じて、計算することができる。

【0033】図2は、Si基板1の厚さと、そり量との関係を示す計算結果を示す図である。

【0034】また、下記の係数を有する一般的なバイメタル板を用いると、必要となるバイメタル板の厚さを計算することができる。

【0035】バイメタル板3のわん曲係数 $K = 1.5 \times 10^{-5} (1/K)$

バイメタル板3のヤング率 $E_b = 1.7 \times 10^{11} (\text{Pa})$

図3は、Si基板1の厚さと、バイメタル板3の厚さとの関係を示す計算結果を示す図である。

【0036】バイメタル板3の厚さは、Si基板1のチップの幅に依存しない。

【0037】上記のように、温度無依存光波回路型デバイス101において、温度に依存する波長シフトを、バイメタル板3のそりによって誘起された応力によって、補正することが可能である。これによって、温度依存性が少ない光デバイスを構成することができる。また、バイメタル板3の初期のそりを調節することによって、デバイスの動作波長を制御することができるので、その波長を精密にコントロールすることができる。

【0038】なお、バイメタル板3を接着する場合、熱硬化性接着剤、ハンダ等を用いることができる。

【0039】また、基板1の全体の力は、その幅に依存し、ガラス導波路層2の幅よりもバイメタル板3の幅が長くなることもある。この場合、モジュール全体のサイズが大きくなる。

【0040】このサイズ拡大を避けるためには、PLC基板形状を変形することが有効である。

【0041】通常、温度無依存光波回路型デバイスのSi基板は、切断を容易にするために、矩形である。矩形サイズは、PLC回路構成上の理由等によって、回路が複雑になるとともに大きくなる。したがって、PLCが矩形のままであると、基板全体に加える応力が高くなり、モジュールサイズが大きくなる。このように、モジュールサイズが大きくなると、モジュールをシステムに組み込む際に、余分なスペースが必要になり、不都合が

生じる。

【0042】そこで、基板に加わる力が小さくなるように、基板1またはバイメタル板3の形状を、矩形以外の形状に変形することが効果的である。具体的には、たとえばグレーティングを含む回路のSi基板1の形状を、グレーティングが存在する部分で細くする。これによって、バイメタル板3の幅を小さくすることができ、モジュール全体の形状を小さくすることができる。

【0043】また、つまり平板基板またはバイメタル板10の形状は、四角形以外の形状であればよく、たとえば、平板基板またはバイメタル板の形状は、矩形における四隅のうちの少なくとも1つの隅において一部が切断され、角がなくなっている形状であればよい。

【0044】上記実施例では、バイメタル板3が、Si基板1に接着されているが、このようにする代わりに、コアの周りにクラッドが設けられている光導波路がSi基板1に固定され、上記クラッドにバイメタル板3を接着するようにしてもよい。または、Si基板1と、上記クラッドとの両方にバイメタル板3を接着するようにしてもよい。つまり、上記実施例は、平面基板と、上記平面基板上に形成された光を伝搬するコアと、上記コアの周りに設けられ、上記コアよりも屈折率が低いクラッドとを具備し、光導波路で構成されている平面型光波回路デバイスにおいて、上記平面基板または上記クラッドに、2層の金属で構成されているバイメタル板が接着されている温度無依存光波回路型デバイスの例である。

(第2の実施例)図4は、本発明の第2の実施例である温度無依存光波回路型デバイス102を示す図である。

【0045】温度無依存光波回路型デバイス102は、Si基板4と、WDM用フィルタF2と、接続補強用ガラス板9a、9bと、入力ファイバ部品10と、出力ファイバ部品11と、ファイバ12と、バイメタル板13a、13bとを有する。

【0046】図5は、温度無依存光波回路型デバイス102に使用されているWDM用フィルタF2を示す平面図である。

【0047】WDM用フィルタF2は、マッハツェンダー干渉計(MZI)と、Braggグレーティングとによって構成され、Si基板4上に石英系ガラス光導波路で構成されたフィルタである。つまり、WDM用フィルタF2は、Si基板4と、導波路5と、3dBの方向性結合器6a、6bと、Braggグレーティング7a、7bとを有する。

【0048】WDM用フィルタF2では、複数の波長を有する信号光をポートaに入射すると、Bragg波長に対応した波長のみを、ポートbから分波することができ、それ以外の波長はポートdに出力する。

【0049】Braggグレーティングの中心波長は、式(2)で与えられる。グレーティングでは、石英ガラスの屈折率温度依存性 $dn/dT \sim 1 \times 10^{-5}$ によ

て、中心波長が、約0.011nm/℃の割合でシフトする。

【0050】WDM用フィルタF2では、グレーティングの中心波長の温度依存性を補償するために、バイメタル板13aがSi基板4に接着され、バイメタル板13bがWDM用フィルタF2に接着されている。

【0051】ここで、WDM用フィルタF2は、石英系光導波路を有し、この石英系光導波路は、コアとクラッドとで構成されている。つまり、バイメタル板13bがクラッドに接着されている。

【0052】また、WDM用フィルタF2における石英系光導波路のコアサイズは、 $8 \times 8 \mu\text{m}$ であり、コア・クラッド間の比屈折率差は、0.3%であり、Si基板4の厚さは、1.0mmである。また、WDM用フィルタF2のサイズは、 $40 \times 4 \text{mm}$ であり、その両端に出力ファイバ部品10、11が接続されている。

【0053】Braggグレーティング7a、7bは、波長193nmのUVレーザとフェーズマスクとを用いて作製されている。UVレーザの照射強度は、 $20 \text{Hz}$ 、 $200 \text{mJ/cm}^2/\text{pulse}$ であり、照射時間は、20分間である。また、Bragg波長は、1547.15nmである。

【0054】使用環境として、 $0 \sim 60^\circ\text{C}$ の温度領域を考えると、この使用環境において、グレーティングの中心波長は、約0.66nmシフトする。このシフトを補償するバイメタル板13a、13bのサイズは、バイメタル板13aと13bとのサイズが互いに同一であるとすると、その厚さ $t_b$ 、その幅 $w_b$ は、次のように見積られた。

【0055】 $t_b \sim 0.75 \text{nm}$   
 $w_b \sim 4 \text{nm}$

上記サイズのバイメタル板13a、13bが、図4に示すように、フィルタF2(MZIチップ)と、Si基板4とに、熱硬化性接着剤で張り付けられている。Si基板4の裏面(WDM用フィルタF2と反対の面)には、バイメタル板13aの縮む面が接着され、クラッド上面(WDM用フィルタF2におけるSi基板4と反対の面)には、バイメタル板13bの伸びる面が接着されている。この場合、 $23^\circ\text{C}$ で応力がほぼ0になるように、バイメタル板13a、13bの初期状態のそりが調節されている。

【0056】実際に、作製した温度無依存光波回路型デバイス102を、温度 $0 \sim 60^\circ\text{C}$ の環境で動作し、Bragg波長の変化を測定した。

【0057】図6は、図4、図5に示す実施例において、バイメタル板13a、13b付きデバイスのスペクトル(反射と透過)を示す図である。

【0058】なお、比較のために、バイメタル板13a、13bを付けない場合におけるフィルタF2についても、Bragg波長の温度依存性を測定データが、図

6に示されている。なお、上記反射は、図5のポートa→bの経路を通過する場合に対応し、上記透過は、ポートa→dの経路を通過する場合に対応する。

【0059】図6に示すように、バイメタル板13a、13bを接着しても、良好な特性を得ることができる。

【0060】図7は、中心波長の温度依存性の結果を、上記実施例、従来例について示す図である。

【0061】図7において、黒丸は、バイメタル板13a、13bを有するデバイス102動作波長の温度依存性を示し、白丸は、バイメタル板13a、13bを有しない光デバイスの測定結果を示す。

【0062】バイメタル板13a、13bを有しないデバイスでは、Bragg波長は、約0.011nm/℃の温度依存性でシフトする。しかし、バイメタル板13a、13bを有する上記実施例では、 $0 \sim 60^\circ\text{C}$ で、波長変化が0.1nm以下と小さい。この結果によって、上記第2の実施例の有効性が確認された。

(第3の実施例)図8は、本発明の第3の実施例である温度無依存光波回路型デバイス103を示す平面図である。

【0063】温度無依存光波回路型デバイス103は、Si基板上にマッハツェンダー干渉計(MZI)型フィルタを有するデバイスであり、Si基板14と、導波路15と、3dBの方向性結合器16a、16bと、Braggグレーティング17a、17bと、接続補強用ガラス板18a、18bと、入力ファイバ部品19と、出力ファイバ部品20と、ファイバ21と、バイメタル板22とを有する。

【0064】温度無依存光波回路型デバイス103において、MZI型フィルタのSi基板14の形状を、図8に示すように、中央部で細くし、バイメタル板22の幅が狭くなるようにしてある。また、中央部で太くなったバイメタル板22を、Si基板14の裏面に接着してある。

【0065】温度無依存光波回路型デバイス103によれば、Si基板14の両端が広いことによって、ファイバ21と接続部18a、18bとの強度を保つことができる。また、バイメタル板22の中央部が広いことによって、Si基板14に、効率的に力を加えることができ、しかも、バイメタル板22による応力が接続部に影響をほとんど与えないようにすることができる。

【0066】石英系導波路のコアサイズは、 $8 \times 8 \mu\text{m}$ であり、コア・クラッド間の比屈折率差は、0.3%であり、Si基板14の厚さは、0.5mmである。また、Si基板14の外側のサイズは、 $30 \times 3 \text{mm}$ であり、細くした部分の幅は、1.5mmである。なお、超音波加工機によって、Si基板14の形状の中央部を、細くしてある。

【0067】Braggグレーティングは、第2の実施例と同様に、UVレーザとフェーズマスクとを用いて作

製した。Bragg波長は、1552.52nmとした。

【0068】使用環境として0～60℃の温度領域を考えると、グレーティングの中心波長は、約0.66mmシフトする。このシフトを、応力で補償すると、バイメタル板22のサイズは、その厚さ $t_b$ 、その幅 $w_b$ が、次のように見積られた。

【0069】 $t_b \sim 0.3\text{mm}$

$w_b \sim 2.5\text{mm}$

上記サイズのバイメタル板22を、Si基板14の裏面(Braggグレーティングと反対の面)に、熱硬化性接着剤で張り付ける。この場合、23℃で応力がほぼ0になるように、バイメタル板22のそりを調節する。

【0070】実際に作製したデバイスを温度0～60℃の環境で動作し、Bragg波長の変化を測定した。上記実施例におけるバイメタル板22付きフィルタでは、0～60℃で、波長変化が0.1nm以下と小さかった。この結果から、上記第3の実施例の有効性が確認された。

(第4の実施例)図9は、本発明の第4の実施例である温度無依存光波回路型デバイス104の構造を示す図である。

【0071】温度無依存光波回路型デバイス104は、Si基板23と、AWG(アレー導波路グレーティング)型WDM用フィルタF4と、入力ファイバ部品28と、出力ファイバ部品29と、ファイバ30と、接続補強用ガラス板31a、31bと、バイメタル板32と、バイメタル板32とSi基板とを挟むクリップ33a、33bとを有する。

【0072】図10は、温度無依存光波回路型デバイス104に使用されているAWG型WDM用フィルタF4の構成を示す図である。

【0073】AWG型WDM用フィルタF4は、Si基板23上のAWG(アレー導波路グレーティング)型フィルタであり、Si基板23と、入出力導波路24と、スラブ導波路25a、25bと、アレー導波路グレーティング部26とを有する。

【0074】AWG型WDMフィルタF4において、複数の波長の信号光がその入力導波路に入射されると、波長に依存して出力ポートが分かれ、信号光が分岐される。AWG型WDMフィルタF4の中心波長 $\lambda_0$ と導波路の屈折率 $n_c$ とは、次の式(9)の関係がある。

【0075】 $\lambda_0 = n_c \Delta L / m$  ……(9)

ここで、 $\Delta L$ は、AWG型フィルタF4における光路長差であり、 $m$ は、AWG型フィルタF4における次数である。

【0076】式(9)から、屈折率が変化すると、波長がシフトすることがわかる。AWGフィルタF4でも、中心波長の温度依存性は、上記グレーティングの場合と同じく、約0.01nm/℃となる。

【0077】グレーティングにおいて、温度変化による波長シフトを応力で補償する場合、応力の効果は、主に、グレーティングのピッチを、歪で変化させることとなる。したがって、温度が上昇すると、加える応力は、圧縮となる。しかし、AWGフィルタF4の場合には、応力による効果は、次の式(10)で表される光弾性効果による屈折率変化 $\Delta n$ となる。

【0078】屈折率変化 $\Delta n = \rho \cdot \sigma$  ……(10)  
ここで、 $\rho$ は、光弾性係数(Photoelastic coefficients,  $3.43 \times 10^{-12} \text{Pa}^{-1}$ )である。

【0079】光弾性効果では、圧縮応力が加わると、屈折率が増加する。したがって、AWGフィルタF4において、温度上昇による波長シフトを補償すると、加える応力は、グレーティングの場合とは逆に、引張りとなる。バイメタル板32を表裏逆に張り付けることによって、上記逆の応力を誘起させることができる。

【0080】AWGフィルタF4の設計では、チップの構成をなるべく長くなる(スラブ導波路が離れる)ようにする。

【0081】また、基板形状を、図10に示すように、中央部で細くしてあるので、バイメタル板32による応力が効果的に作用する。

【0082】つまり、図10に示す破線は、従来のフィルタの外形であり、その幅が $W1$ である。上記実施例においては、フィルタF4の形状がほぼ逆V字形であり、アレー導波路26におけるフィルタF4の幅(Si基板23の幅)は、 $W2$ であり、フィルタF4における幅 $W2$ は、従来におけるフィルタのはば $W1$ よりも短い。したがって、バイメタル板32による応力が少なく足り、バイメタル板32による応力が効果的に作用する。

【0083】石英系導波路のコアのサイズは、 $6 \times 6 \mu\text{m}$ 、コアクラッド間の比屈折率差は、0.3%、Si基板3の厚さは、0.5mmとした。AWGフィルタF4外側のサイズ(破線で示した矩形のサイズ)は、 $40 \times 15\text{mm}$ で、中央部の細くした部分の幅は、8mmである。なお、図10に示す中央部の細いSi基板形状(幅が $w2$ である部分の形状)は、超音波加工機で加工した。

【0084】AWGフィルタF4では、基板が比較的大きくなる。そのために、温度依存性を補償するために加える力も大きくなるので、デバイス104とバイメタル板32との剥離等が生じる可能性がある。したがって、上記実施例では、PLC基板とバイメタル板32とを金属製のクリップ33a、33bで挟み込み、剥離等の故障を防ぐようにしてある。つまり、平面基板とバイメタル板とを挟んで互いに固定する固定治具が設けられている。

【0085】使用環境として0～60℃の温度領域を考えると、AWGフィルタF4の中心波長は、約0.66

nmシフトする。このシフトを応力で補償すると、バイメタル板32のサイズは、次のように見積もられる。

【0086】 $t_b \sim 0.5\text{mm}$

$w_b \sim 20\text{mm}$

上記サイズのバイメタル板32を、AWGフィルタF4の裏面に、熱硬化性接着剤で張り付けた。既に述べたように、バイメタル板32の接着面は、上記グレーティングの場合とは表裏逆とした（バイメタル板32の伸びる面をSi基板23の裏面に接着した）。

【0087】実際に、作製したデバイスを、温度0～60℃の環境で動作し、AWGフィルタF4の中心波長の変化を測定した。上記実施例におけるバイメタル板32付きAWGフィルタF4では、0～60℃で波長変化が0.1nm以下と小さかった。この結果によって、上記実施例の有効性が確認された。

【0088】上記実施例では、MZIとグレーティングとを組み合わせたデバイスとAWG型フィルタとに関して説明したが、動作波長の温度依存性がある非対称MZI型フィルタについて、上記実施例を適用するようにしてもよい。

【0089】また、上記実施例では、Si基板について説明したが、それに限定するものではなく、他の基板材料も利用可能である。

【0090】つまり、上記実施例によれば、チップ自体を変更する必要が無いので、今までと同じ通常のプロセスでチップ作製、ファイバ接続が可能であり、光デバイスのコストで大きな割合を占めるプロセスコスト、実装コストを増加させることなく、温度無依存デバイスを提供することができる。

【0091】また、バイメタル板の接着面を選択することによって、PLC基板に、圧縮応力、引張り応力のいずれをも加えることができる。さらに、バイメタル板の初期状態のそりを調節すれば、加える応力の制御が可能であり、精密な波長合わせをおこなうことができる。

【0092】また、基板またはバイメタル板の形状を適当に変更すれば、モジュールサイズを小さくすることができ、基板形状にフレキシブルに対応が可能となり、バイメタル板接着によるファイバ接続部への影響を小さくすることができる。さらに、基板材料、または導波路材料の種類に合わせて、バイメタル板の種類、サイズを選択することができる。

【0093】

【発明の効果】本発明によれば、温度無依存光波回路型デバイスにおけるチップ作製プロセスが簡素であり、しかも、中心波長を微妙にコントロールすることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例である温度無依存光波回路型デバイス101を示す図である。

【図2】Si基板1の厚さと、そり量との関係を示す計

算結果を示す図である。

【図3】Si基板1の厚さと、バイメタル板3の厚さとの関係を示す計算結果を示す図である。

【図4】本発明の第2の実施例である温度無依存光波回路型デバイス102を示す図である。

【図5】温度無依存光波回路型デバイス102に使用されているWDM用フィルタF2を示す平面図である。

【図6】図4、図5に示す実施例において、バイメタル板13a、13b付きデバイスのスペクトル（反射と透過）を示す図である。

【図7】中心波長の温度依存性の結果を、上記実施例、従来例について示す図である。

【図8】本発明の第3の実施例である温度無依存光波回路型デバイス103を示す平面図である。

【図9】本発明の第4の実施例である温度無依存光波回路型デバイス104の構造を示す図である。

【図10】温度無依存光波回路型デバイス104に使用されているAWG型WDM用フィルタF4の構成を示す図である。

20 【符号の説明】

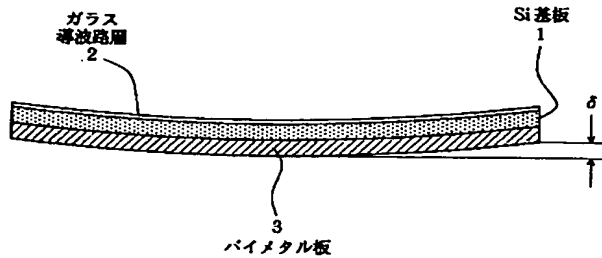
- 1…Si基板、
- 2…ガラス導波路層、
- 3…バイメタル板、
- 4…Si基板、
- 5…導波路、
- 6a、6b…3dBの方向性結合器、
- 7a、7b…Braggグレーティング、
- 8…Si基板上の石英系導波路によって構成されたPLCチップ、
- 9a、9b…接続補強用ガラス板、
- 10…入力ファイバ部品、
- 11…出力ファイバ部品、
- 12…ファイバ、
- 13a、13b…バイメタル板、
- 14…Si基板、
- 15…導波路、
- 16a、16b…3dBの方向性結合器、
- 17a、17b…Braggグレーティング、
- 18a、18b…接続補強用ガラス板、
- 19…入力ファイバ部品、
- 20…出力ファイバ部品、
- 21…ファイバ、
- 22…バイメタル板、
- 23…Si基板、
- 24…入出力導波路、
- 25a、25b…スラブ導波路、
- 26…アレー導波路グレーティング部、
- 28…入力ファイバ部品、
- 29…出力ファイバ部品、
- 30…ファイバ、

31a、31b…接続補強用ガラス板、  
 32…バイメタル板、  
 33a、33b…バイメタルとSi基板を挟むクリッ

プ。

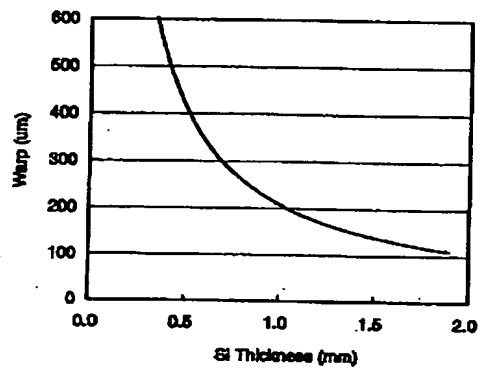
【図1】

101: 温度無依存光波回路型デバイス



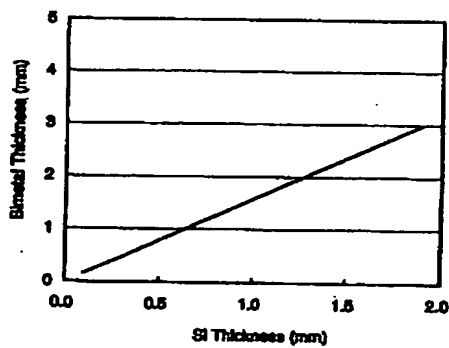
【図2】

Warp vs. Si thickness



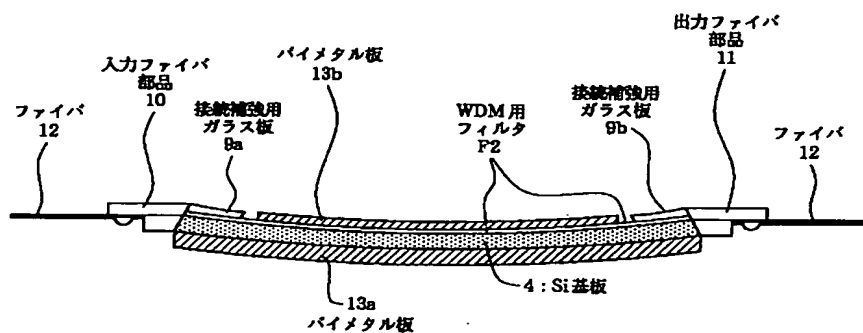
【図3】

Bimetal thickness vs. Si thickness



【図4】

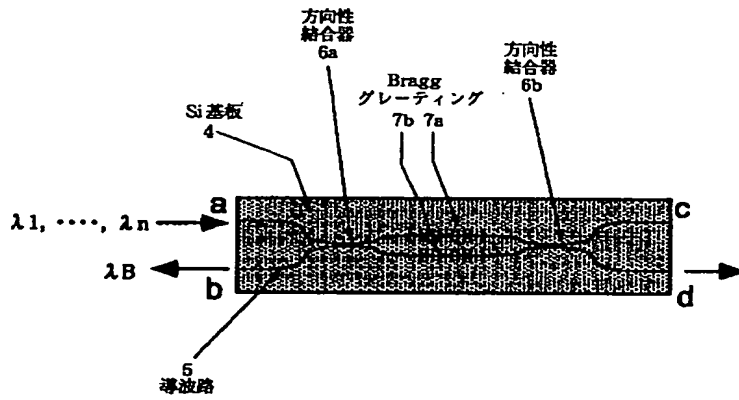
102: 温度無依存光波回路型デバイス



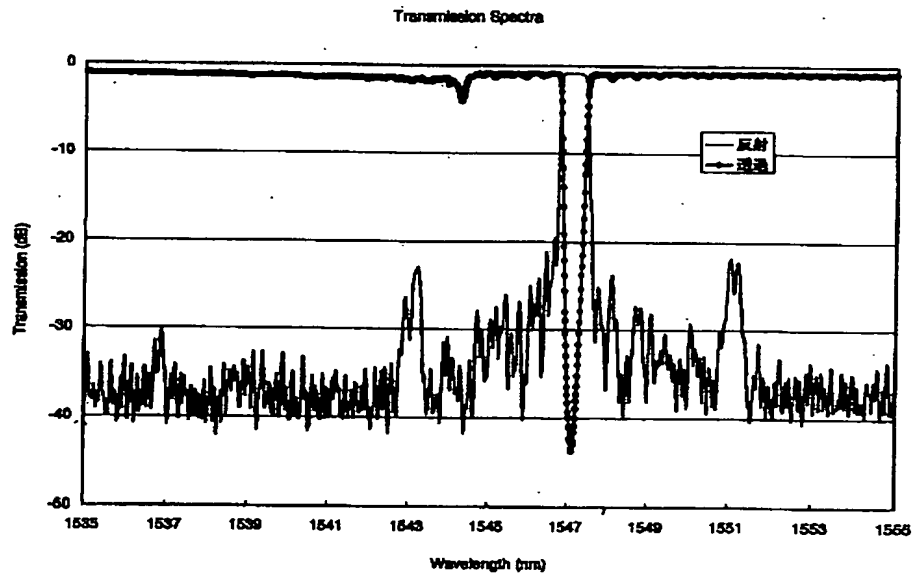


【図5】

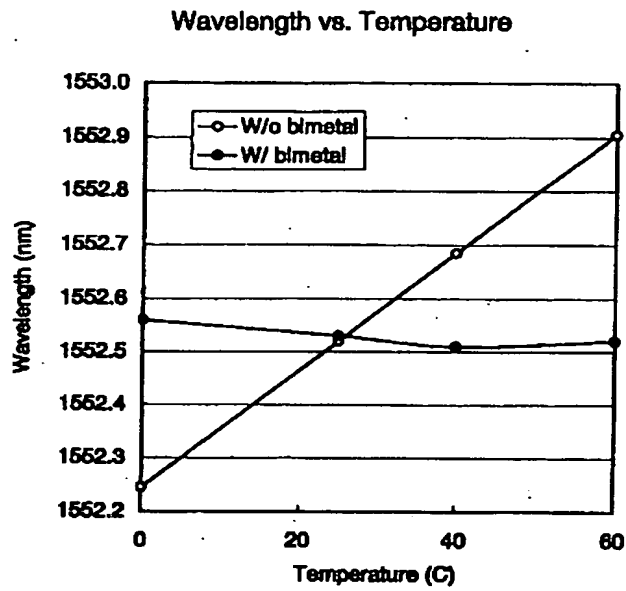
F2: WDM用フィルタ



【図6】

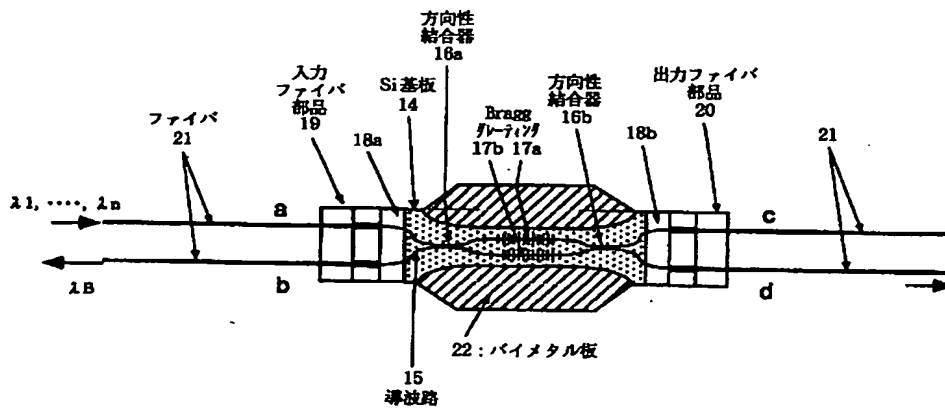


【図7】



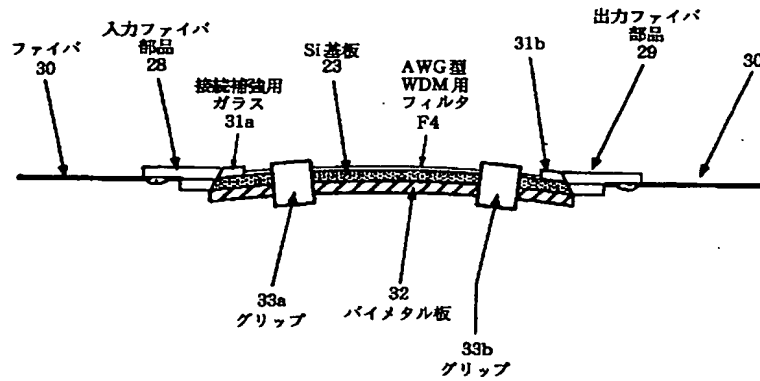
【図8】

103: 温度無依存光波回路型デバイス



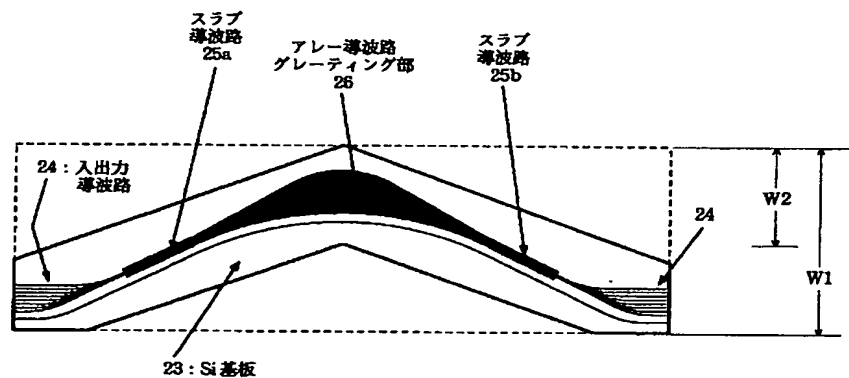
【図9】

104: 温度無依存光波回路型デバイス



【図10】

F4: AWG型WDM用フィルタ



フロントページの続き

(72)発明者 阿部 淳  
 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
 電信電話株式会社内

(72)発明者 田中 拓也  
 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
 電信電話株式会社内

Fターム(参考) 2H047 KA02 KA04 KA12 KB04 LA03  
 MA05 PA30 QA04 QA07 RA00  
 TA00